

「道路の改良」附録

第八回道路職員講習會講演集

(十七)

道路改良會

土の性論

(第三講)

東京帝國大學助教授 野坂孝忠

五、土の物理的性質

最初に土の生成に就て述べたやうに、土は其の種類から見ても多岐多様であると同時に、其の物理的性質も甚だ複雑である。第一に粒の大きさと形が違つて居るし、その結合して居る組織が違つて居る。今一つそれに水が加はれば、僅か水を有つて居る土と多くの水を含んで居る土とで又物理的性質を異にする。つまり粒の形、大きさ、組織と、それに含水量の三つに依つて、土の性質が非常に變つて來る。

1、土の組織

土の組織を直接に見るには、岩石で行はれて居るやうに、顯微鏡を使用する。先づ土を乾燥して、バルサムの中に浸して固め、それを岩石と同じやうに、薄片のプレパレートに削つて、顯微鏡で覗く。土の粒の大小、其の組合せ方、例へば細かい粒同士集まつた單粒組織、粒同士が重なり合つて、其れが又更に集つたやうな粒團組織、又非常に細かい粘土粒子が集まつて、中に蜂の巢のやうな空隙を有つた蜂窩狀組織等が認められる。

2、土の空隙

土の組織を間接に表はすには土の空隙で之を表はす方法がある。土の組織を空隙だけで定義する事は出来ないが、土の組織を間接に計る一つの目安になる譯である。

土の空隙の表はし方に二通りある。

$$\text{空隙率 } P = V_v/V$$

$$\text{空隙比 } e = V_v/V_s$$

$$V_v = \text{空隙容積}$$

$$V_s = \text{土粒子の容積}$$

$$V = V_v + V_s = \text{全容積}$$

一つは土の塊の中の空隙を、土の全體の容積で除した値。 V_v は土の空隙容積、 V は土の全容積(空隙容積 V_v と土粒子の容積 V_s とを加へたもの)として、全容積 V で空隙容積 V_v を除した値 P を空隙率(Porosity)といひ、土の粒子の容積 V_s で空隙容積 V_v を除した値 e を空隙比(Void ratio)と言ふ。空隙率と空隙比の間には、

$$P = \frac{e}{1+e}$$

なる關係がある。

實際には土の占めて居る容積 V 、土の空隙の占めて居る容積 V_v 、土粒子の占めて居る容積 V_s は、自然の土に就て計り難いので、土の含水率、土の比重を測定し計算に依つて間接に求める。

3. 土の含水率

土の比重には二通りの定義があり、

$$\text{真比重 } G_s = \frac{W_s}{V_s}$$

W_s = 乾燥土の重量

$$\text{見掛の比重 } G_v = \frac{W_s}{V} \quad \text{或は} \quad \frac{W_s + W_w}{V}$$

W_w = 含水の重量

$W = W_s + W_w$ = 湿つた土の重量

一つは土を形づくる土粒子の比重で、之を真比重と呼ぶ。即ち土粒子の重量 W_s を土粒子の容積 V_s で除したものである。

今一つは土の全體の容積 V (間隙の容積 V_v と土の粒子の容積 V_s の和) で土の粒子重量 W_s を除したもので、之を見掛の比重といひ、これが單位容積の重量になる。見掛の比重の中

$$\frac{W_s}{V}$$

は、土粒子の重量を全容積で除したもので、これは完全に乾燥した土の見掛の比重である。

$$\frac{W_s + W_w}{V}$$

は W_s に含水の重量 W_w が加はつたもので、これは湿つた土の見掛の比重である。

次に測るのは、土の含水率若くは含水比であるが、これは前の間隙率、間隙比と同じやうに次式で表はされる。

$$\text{含水率 } w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{W_w}{W_s + W_w} \cdot \frac{W_s + W_w}{W_s}$$

$$\text{含水比 } v = \frac{W - W_s}{W} = \frac{W_w}{W}$$

土粒子の重量 W_s で、含水の重量 W_w (濕つた土の重量 W から乾いた土の重量 W_s を引いたもの) を除いたものが含水率であり、濕つた土の重量 W で含水の重量 W_w を除いたものが含水比である。

實際に間隙率及び間隙比を測るには先づ比重嚙を使つて V_s を測定する。比重嚙の中に、先づ水を入れて、重量 W_s の土粒子を入れる、其ため嚙内の水の容積が V_s だけ上れば、その殖えた容積で前に入れた土粒子の重量を除せば真比重が出る。單位容積の重量 (見掛の比重) は、函の中に土を入れて簡単に測れる。此の真比重 G_s 、見掛の比重 G_v と含水率 w を知れば次式に依つて間隙率 (P) が與へられる。

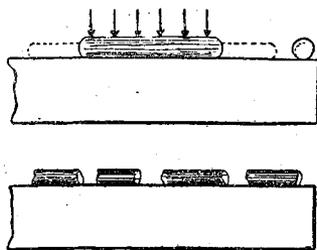
$$P = 1 - \frac{G_v}{G_s} (1 - w)$$

實際の土の間隙の容積は直接に測ることが出来ないから、 V_v とか V_s を使はず、真比重、見掛の比重並に含水率から、土の間隙率を算定する。

間隙率の値は土に依つて非常に廣範圍に違ふが、今まで測つた値から拾つて見ると、一番少いもので全容積の三〇%、多いものでは八〇%も間隙がある土もある。平均は先づ四〇——六〇%になつてゐる。真比重 G_s の値は、大體粒徑に依つて定まつてゐて、砂粒では二・六乃至七、これは略々岩石の比重に相當する。粘土は膠質物が入るので少し輕くなつて、二・四乃至二・五であり、腐蝕土になると一・三乃至一・六である。見掛の比重は、含水量に依つて非常に廣範圍に違ひ、普通設計には一・六乃至一・七を用ひる。

4、稠 度

プラスチックの限界試験法



土の中に含まれて居る水は、土に對してどういふ影響を與へるか。

或る土を乾いた状態に置くと、變形し難い略々固體狀を示すが、これに漸次水が加はると、土は狭い間隙を占め、毛管壓力が働いて、土に粘着力を與へて、可塑性を呈して來る。更に水を加へると、今度は水のために間隙が殖えて液體狀になる。如斯含水量の多寡に依つて、土は形の上の稠度 (Consistency) を固體 (Solid state) 可塑狀 (Plastic state) 液體狀 (Liquid state) の間に變化する。此の變化の割合は、勿論土粒子の形、大きさ並に其の配合に依つて廣範圍に違ふが、之を定義するにアツターベルグの方法がある。

之は固い土がだん／＼軟くなつて半固體の状態になる、固體と半固體の境を收縮限界 (Shrinkage limit) 半固體から又少し軟くなつて可塑性の状態になる境を可塑性限界 (Plastic limit) 更に可塑性状態から液體狀になる境を流出限界 (Flow limit or Liquid limit) と呼んで、これを次の方法で測つてゐる。

a. 可塑性限界

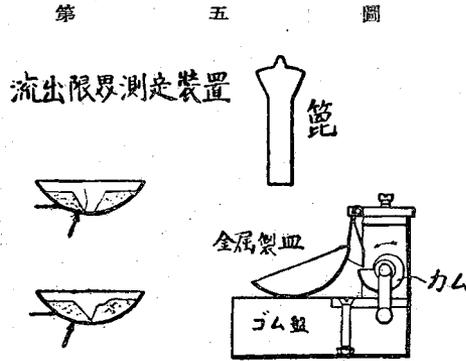
先づ半固體から可塑狀プラスチックに變る可塑性限界を測る方法は原始的ではあるが、ガラス若くは陶器の板の上で、土を軟く練り、掌で徑五耗長さ三耗位の丸い棒を造つて、掌で轉がす。(第四圖)

之を轉がしてゐる間に水分が蒸發して次第に固くなつて來て徑五耗、長さ三耗位から、長さ六一〇耗、徑二—三耗の長い棒を練りますと圖のやうに數片に棒

が切斷して來る。此の切斷する時の含水量を以て可塑狀と半固體狀との限界と定義する。其の含水量は土に依つて違ふが、粘土では普通三〇%内外、砂の勝つたものでは一〇%内外である。

b、流出限界

次に可塑狀と液體狀の境の流出限界を測る方法は、第五圖に示すやうな徑一五糎位の丸底のガラス、陶器若くは金屬製の滑かな器の中に、土の試料を入れて、これを軟く水で捏ねる。其の中央に圖のやうな装置を用ひて深さ一糎のV字型の溝を造り、之を掌で矢で示す方向に叩くか、若くは圖のやうな装置にかけてこれに衝撃を與へる。而してこの溝が僅に流れ合ふときの含水量を以て流出限界と定義する。



圖の器械的装置は、下にゴムの盤があつて、ハンドルを廻すとカムに依つて皿が一定の高さからゴムの上に落ちる。(落下の回数は、普通十回とされてゐる) としてこれが將に流れ合ふ時の含水量を以て流出限界とする。

c、可塑性係數

可塑性限界の含水量から流出限界の含水量を引いた差を可塑性係數 (Plastic index) と名けてゐる。この可塑性係數の小さなものは、可塑性である範圍が非常に少い譯で、例へば路盤の土の例でいふと可塑性の狀態が短いから、雨が降ると或る程度までは固體若くは半固體の狀態を保つてゐるが、それから僅か水が殖えるとすぐ、可塑性限界を越えて液體狀に

なつてしまふ。即ち斯る土は雨水に依つて築堤の肩などが崩壊し易いといふことになる。可塑性係数の大きい土になると、可塑性であるの範囲が長い譯であるから、雨の水が入つても、半固體狀から可塑性状態に入つて永く保たれてゐて、急に流れ出す虞れがない。尙路面の土にしても、可塑性係数の低い土であると、降雨に依つて急に流れ出すが、可塑性係数の大きい土は變形はするが、相當長い範囲に亘つて流出する虞はない。如斯土の稠度（水に依る固さ）を定義するにはアツターベルグの可塑性係數を用ゐてゐる。

尙アメリカの道路局では、可塑性の強いか弱いか依つて、路盤の土を分類してゐるが、その詳細は省略する。

d、收縮限界

尙半固體と固體の境を定義するには、土の收縮膨脹を測つてこれを利用する。土の收縮膨脹を測るには、高さ一〇糎、徑五〇糎の環若くはガラスの平たい圓形の皿を取つて、その内に土を自然の状態若くは一定の含水量（可塑性限界又は流出限界まで土を練る）でこの中に詰める。之を空中に放置した際に示す收縮を測る方法には、上記の丸い環の内へ詰めて收縮した容積を測る方法の他に、長い棒狀に土を詰めて長さの收縮を測る方法とがある。之を空中で乾燥すると最初は容積が漸次に減少するが、或る程度まで水が減ると、もはやそれから先は容積の變化が起らなくなる。其の收縮の止るとき含水量を以て收縮限界と定義する。即ち半固體と固體の境は、收縮に依つて容積變化を起さなくなる含水量、まだ全く乾燥した状態とまでは行かないが、それより以下ではもはや容積變化が起らなくなる。其の時の含水量を採つてこれを收縮限界とする。

此の收縮限界、可塑性限界、流出限界の三つを、いづれも土の稠度を定義する要素として測定する。

e. 膨脹試験

膨脹試験には、圓筒の下面に多數の小孔をあけた器の内に土を詰めて、上面を開放して水中に浸して置くと、水を吸収して膨脹する、尙ほ水に對しては沸化試験 (Boiling test) と稱して、水中に土を浸して置いて幾時間の中に土が溶け去るかを試験する。これは例へば土堰堤の材料に用ひる土に就ては、重要な試験である。つまり含水の増加に依つて容易に粘着力を失ふ土は、土堰堤としてあまり適當でない譯であるから、沸化試験が重要な要素になる。

5. 透 水 度

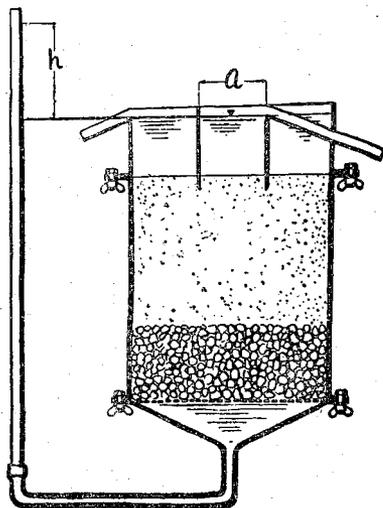
今一つ水に對する土の性質として重要なものは、土の透水量 (Permeability) である。これは土堰堤のやうな、水を直接土で支へる構造物には勿論重要であるが、路盤の土も透水量が多ければ收縮膨脹が激しくなり、雨が降ると内部の方まで水を透して膨脹し、乾くと急に收縮する。又水を透し易いから、冬季は凍上を起し易い。尙井戸を掘る時には透水量が直接重要な要素になる。更に基礎の沈下も透水性に關係があつて、空隙の多い、従つて透水性の激しい地盤では、其の上に荷重が加はると、含水 (地下水) が搾り出されて其ために沈下が起る。斯様に透水量は土の力學的並に物理的性質に關係することはなかく、大きい。

透水量を測るには種々なる装置があり、第六圖は從來の装置を試験的に改良したものである。

アメリカで測つてゐるのは、水を上から下に通してゐる。何れにしても土の試料を函の中に入れて、一定時間にどれだけ水が流れるかを測るが、一定時間に流れ水量と其の際の落差との間には、ダルシー (Darcy) の公式がある。

$$Q = k i A t$$

第 六 圖



$Q =$ 流量

$$i = \frac{h}{L} \text{ (水壓傾斜)}$$

$A =$ 土の斷面積

$t =$ 時間

i は土の試料の長さ L で落差 h を除した $\frac{h}{L}$ 即ち水壓傾斜 (Head inclination) である。斷面積 A なる土の中を、 t 時間に流れる水量は右の式で與へられる。其の間に k なる係数が存在し、之を土の透水量度といふ。

これを測るのに砂の場合はそれ程影響がないが、粘土のやうなものでは、器壁の間を水が抜けて、材料の中央部を水が流れ難いので水を下から上に流して試料の中央部に徑 a の環を少しく埋込んで置き、環の内を流れた水と、外を流れた水を別けて、環の外に流れた處の器壁の影響を受けた水は捨てる。材料の内部を均等に透つた水だけ抽出して計算には、全斷面 A の代りに、環で圍まれた小さな面積 a を取り、一定時間に h の落差で L なる高さの土を透した水量 Q を測つて、透水係數 k を測る。

此の透水係數 k は、土質が變ると種々に變るが、先づ粒徑が一定であると間隙率の大きいものほど k が大きく、間隙が一定であれば、粒徑が大きいほど透水量は大きくなる。而も k の値は (これは必しも一概には云へないが) 間隙の増大に

依るよの増大よりも、間隙を一定にして置いて粒徑の増大に依るよの増大の方が、其の影響が著しいやうに現れてゐる。これは重要な性質であつて、土の中に小さな粒子、粘土殊に膠質物のやうな、懸濁性の小さな粒子があると、相當間隙が大きくても水を通さない性質がある。これは透水性として面白い性質かと考へられる。

六、土の力學的性質

以上述べた土の物理的性質、例へば土の粒子の大小、間隙の大小、透水度の大小に依つて、土の力學的性質がどう變るか、つまり土の強度がどう變るかといふことを次に考へて見る。

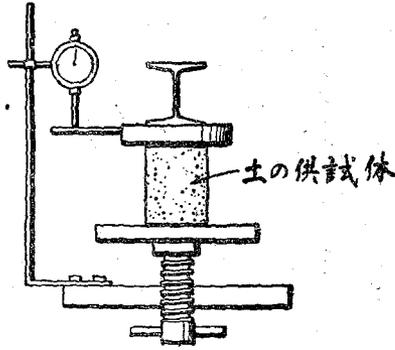
1、土の強度

土の強度にも、他の材料、鐵、コンクリート等と同様に、抗壓強度と抗張強度、抗剪強度の三つが考へられる。此の中で抗張強度は甚だ小さく、又直接土が張力を受ける材料として働く場合は、普通土木構造物にはないから張力は除いて、抗壓力と抗剪力は、土木工學には重要な關係を有する性質である。而て之にはまた土の性質に應じた特殊な測り方がある。

2、壓縮試驗

抗壓強度を測るには二通りの測り方があつて、一つは、コンクリート、鐵と同様に、土の塊から立方體若くは圓壩形の供試體を切り取つて、之を上下から壓し潰す。併し乾いた土殊に砂を含んだものは、自から形を保つことが出来ないで、粘土を相當含んだロオム質のものでないとこの試験は出来ない。乾いた砂、水を多く含んだ所謂軟弱なる土、又はロオムの如きものに就ても今一つの試験方法は、これを函の内に詰めて上下から壓力を加へる。

土の壓縮試驗



先づ最初の壓縮試驗は、第七圖の如き普通の壓縮試驗機に、土の供試體を挟んで、上下から壓力を加へて、其の力と歪みの關係を測定する。

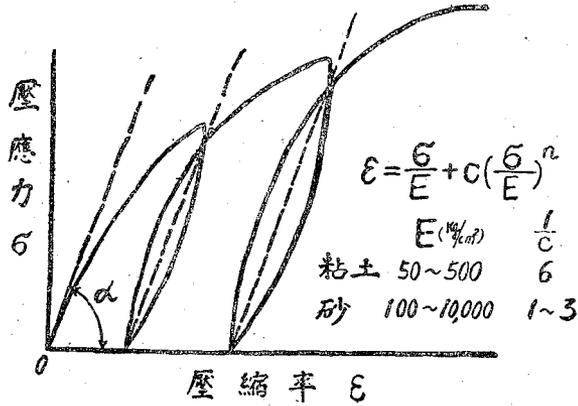
此の壓力に依る變形を圖に示して見ると、壓應力と變形率の關係は、第八圖のやうな曲線に現はれる。

これが鋼鐵であれば最初直線部があつて、彈性限界を超えて始めて材料の永久變形を始めるが、(ロオム質の相當固い土になると直線部分が相當明瞭に出るが)一般の土、殊に軟い土は、最初から流れてしまふ。此の時示す壓應力と變形率の關係、(圖の曲線)を式の形に書くと、變形率は

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} + \sigma^n \left(\frac{\sigma}{E} \right)^{n-1}$$

E といふ或る常數で壓力を除したものと、此の常數で壓力を除したものの n 乗に或る係數 σ を乗じたものとの和で表はすことが出来る。此の式でわかるやうに初項は、變形率と壓力とが直線的に結ばれてゐて、土の彈性を現はす部分である。第二項は變形率が n 乗の關係で結ばれてゐて、或る曲線に沿うて變形する、即ち土の可塑性を現はしてゐる。此の弾性と可塑性の割合を左右するものは、常數 σ であつて、此の σ の大きなものは、此の式の右の項が左に比して大きくなるから可塑性が強い、即ち最初から流れる、それから σ が割合に小さなものであると、右の項に比して左の項が大きくなるか

第八圖



を結ぶ直線のタンゼントを以て測定してゐる。

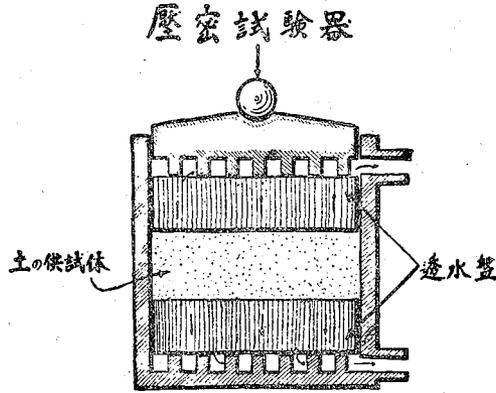
3、壓密試験

いま一つの土の壓縮性の測り方は、土を第九圖のやうな函の中に填める。

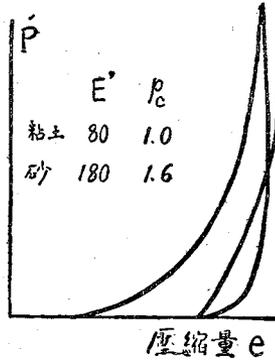
ら、土は弾性を示して来る。

E 及び c の逆数の $\frac{1}{c}$ の二つの常數を、テルザギーの測つた例から擧げて見ると、粘土は E が五〇乃至五〇〇^{コンセント}、砂は一〇〇乃至一〇、〇〇〇^ト、 $\frac{1}{c}$ は粘土は六、砂は一三となつて、粘土は E が小さいから變形し易いが $\frac{1}{c}$ が大きいから弾性に近い。圖でいふと曲線の傾斜は緩いが大體直線に近い。砂の方は弾性率 E は大きく變形し難いが、圖では曲線を示して来る、これは粘土と砂の面白い性質と考へられる。

尚ほ此の E はヤング率に當る常數であつて、之を測るには、第八圖のやうに、途中で壓力を減すると變形が戻り、又壓力をかけると曲線が上つて来る。即ち圖のやうなループを描き、此のループの上下端を直線で結ぶと、此の曲線の原點に於ける切線と略々平行になるから、土の弾性 E は原點の角度のタンゼントをとる代りに、此ループの兩端



第十圖



土の供試體の上下に輕石のやうな多孔性の層を置いて、水の容易に抜け得るやうな装置を施し、上下から壓力を加へる。さうすると、此

の時の變形と力の關係は第十圖のやうになる。

これは土が函の中に入つてゐるから、

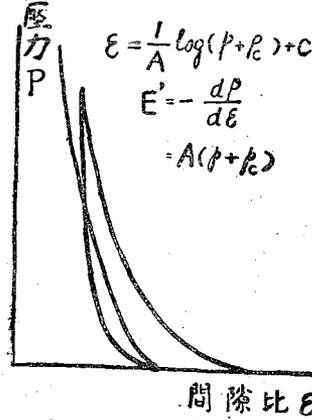
最初と變形の状態が逆になつて、變形の

小さい時は力が僅かで済むが壓縮が増して來ると大なる壓力を要し、これも途中で力を減じて、又加へると圖のやうなループが出来る。

次に此の壓縮量 e と壓力の關係曲線の代りに、土の壓縮量は結局間隙の減少であると考へて、壓縮量の變化を間隙の變化に換算して、壓縮と壓力の關係を間隙と壓力の關係に計算しなほす

第十一圖のやうな曲線を得る。
壓力の小さい時は間隙が大きく、壓力が加はると間隙が減つて來る。此の壓力と間隙の關係を式で現はすと、次の如き對數的の關係をとる。

第十一圖



E, P_c
 粘土 80 1.0
 砂 180 1.6

$$\epsilon = \frac{1}{A} \log(P + P_c) + C$$

こゝで弾性係數に當るところの、一定の間隙を減少せしめるに要する壓力を求めると、

$$E = - \frac{dp}{d\epsilon}$$

之を微分し

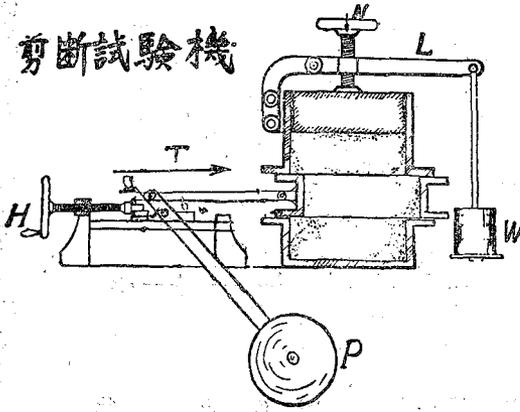
$$= A(P + P_c)$$

を得る。これを壓密係數 (Modulus of compressibility) と呼び、 P_c に關係してゐる。其の E と P_c の値は、粘土と砂に依つて次のやうな値をとる。

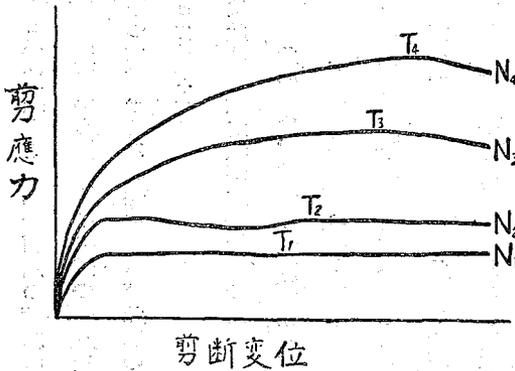
砂の方は壓縮性が少く、粘土の方が壓縮性が多い。しかし速度を考へると、粘土は速度が大きく、砂は非常に速度が小さく變形を増すといふ違ひがある。

4、剪斷試驗

第十二圖



第十三圖



T にはたらいいて、これを
 押出して土が剪れる。つ
 まり此の振り子 P の振れに
 依つて、土の抵抗の力が
 わかる。一つの土に就て
 上下壓の N を變へて、そ
 れに對する剪断抵抗 T と
 變位を測ると其の關係は
 第十三圖のやうになる。

小さな上下壓(N_1)で
 剪れば、剪断應力 T_1 で剪
 れ、上下壓を少し上げる

いま一つの土の重要な性質は、剪断抵抗である。之を測るには、土は自分の形を保つことが出来ぬから、函の中に詰め
 て上から壓力を加へ乍ら第十二圖のやうに、之を横へ引抜く。

これは山口博士考案のダブル・シアア剪断試験機であつて、先づ土を函の中に詰めて、土から蓋をして、 L といふレバ
 ーを通して W なる錘に依つて上下壓を加へます。 H といふハンドルを廻すと、 P といふ振り子の戻らうとするモーメントが

と、剪斷應力も上つて来る。

此の關係を縦軸に剪斷強度をとり、横軸に上下壓力をとると、普通の土は第十四圖の實線のやうな直線を示す。

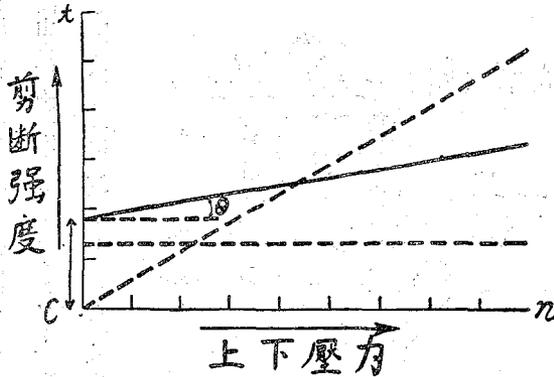
乾いた砂は、原点から出て圖の點線のやうな特性曲線を示すが、粘土は此の傾斜が下つて、平らな直線になる。此等の直線の t と n の關係は

$$t = n \tan \theta + C$$

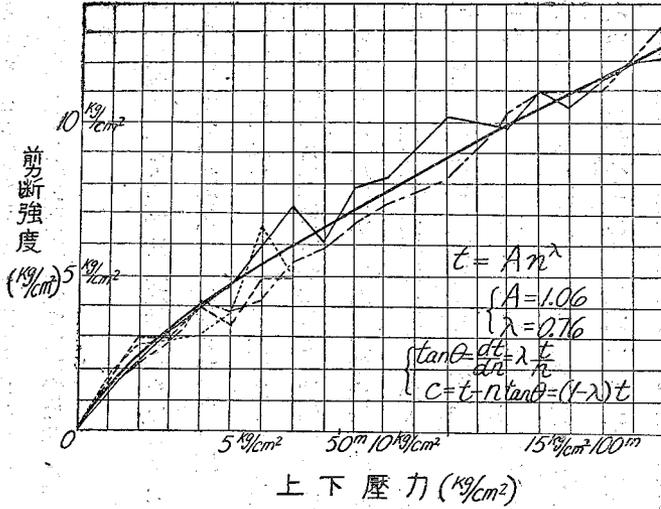
となり、 θ は此の特性曲線が水平軸上の壓力と成す角度、 C は前の第八圖の常數である。此の θ は、特性曲線が横軸と成す角度、これは恰も物體の滑りに對する摩擦角に當り、土の内部摩擦角である。それから此の特性曲線が縦軸と交る値は、上下壓力を加へなくても、最初から有つてゐる剪斷抵抗で、これが土の粘着力に當る。此の C を凝集力 (若くは粘着力 Cohesion) と呼んでゐる。砂の様なものであると當然摩擦角が増大して、凝集力が減つて來、粘土の様なものであると、摩擦角が減つて凝集力が多くなつて來る。

これで砂と粘土の剪斷抵抗に對する性質が明瞭に現はれて來て、砂の多い材料は、摩擦角は大きい粘着力が少く、粘土質のものは摩擦角は少くして粘着力が大きいといふやうに、粘土と砂の力學的強度に對する影響が現はれて來る。

第十四圖



尙ほ此の剪斷曲線は、上下壓力の狭い範圍で直線的に現はれてゐるが、上下壓の大きい範圍を考へると砂のやうなもの



でも相當曲線が下降して來る。第十五圖は實際試験の結果であるが、非常に大きな上下壓力を加へると直線が或る曲度を示して來る。つまり或る點で切線を考へると、縦軸に凝集力が現はれて來ます、即ち砂は高壓の下に於ては粘着力を持つて來る、その代りに摩擦角は減つて來る、さういつた性質が出て來るのであります。

七、結論

以上大體土の性質に就て述べた。次に少しく實例に就て、土の力學的、物理的の性質が、實際の構造物に對し如何なる影響を與へるかといふことを、二、三例を擧げて説明する。

1、土粒子の性質と土の性質との關係

最初に述べた土の機械的分析の結果を總括して見ると、(第四表参照) 砂とか礫の多い粒徑 0.05 耗以上の粒子は、土に摩擦

力を與へる。此の砂に依る摩擦力は、水に依つても殆ど變らないが、其次の 0.05 乃至 0.005 耗の、粘土と砂の間

の沈泥になると、摩擦力は幾分水に依つて其減少する。又粘土になるとこれは殆ど全く摩擦力はなく、これを實驗的に測つて見ると、普通二度とか三度とか、殆ど0に近い角度を示す。ところが粘土の入つた土は粘着力が大きく、土の結合體セメントインゲマラブルをなしてゐる。しかし粘土は水に依つて非常に其の性質を變へ強度を落す性質があつて、粘着力は水に依つて急激に減る傾向がある。

次に透水性から見ると、砂は透水性が大きいことは勿論であつて、粘土は透水性が殆どなく、沈泥は、粒子が〇・〇五乃至〇・〇〇五耗で、相當小さいに拘らず、透水度がかなり大きく、これは注目すべきことである。

壓縮性に就ては、砂は殆ど全く壓縮性がなく、粘土は壓縮性が大きい、それは水に依つて非常に膨脹するから、隨て水を拆出すれば壓縮する性質を有つてゐる。沈泥はまた悪く、これは粒子が粘土に比べて大きいに拘らず、壓縮率は粘土よりも大きい位にある。何故かといふと、粘土は前述の如く透水性が非常に少いために、壓縮を受けても容易に内部の含水量が抜け難く、壓縮性は示すが變形に時間がかかる。しかし沈泥は今述べたやうに透水性が大きいから、壓力を受けると速に水を拆出し、壓縮に依る變形を大きく示す。

いま一つの膨脹收縮は、砂は勿論水に依る膨脹收縮を殆ど示さず、粘土は非常に示す。併し沈泥も相當膨脹收縮を示す。全體から見ると、砂は摩擦力を與へる良い性質を有ち、粘土は適度の含水量では粘着力を與へ、良い結合材として土の中の缺くべからざる部分フラクシヨンである。沈泥は、粘土より凝集力が少く、摩擦力も有つてはゐるが、水に對する性質が透水性が大きい爲に、壓縮性、膨脹收縮性が大きく、餘り良質の部分とは云へない。

これ等の部分フラクシヨンが或る割合で混つて土を形成してゐるが、粒子の大きさから見た土の分類に依つて今の性質を考へると、

第五表の三角坐標の中央のロームは、粘土と砂と沈泥と略々等量に混つた土で、密度が大きく、摩擦力、粘着力が大きく透水性も少く、最も良い土と考へられる。

砂は摩擦角が大きく、水に依つて其の強度を減らされる事が無いから、安定性は非常に良い。併し水を透すから、水に對しては、下まで砂層があつて、水の抜ける場合は非常に良い。

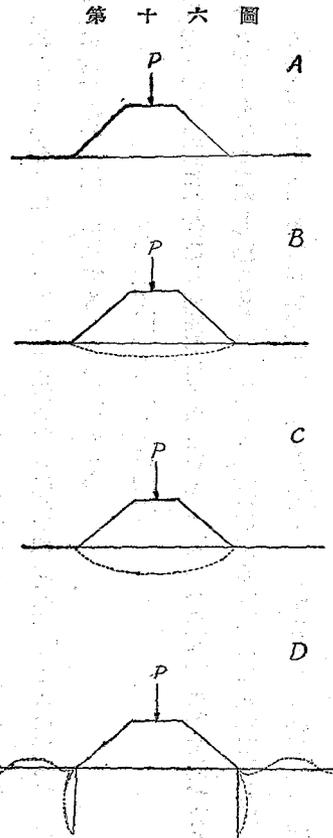
土としての粘土は粒子が細かいから透水性は勿論少く、凝集力を有つてゐる。しかし水に對しては其の強度を非常に減する性質がある。

沈泥は摩擦角、粘着力を有つてはゐるが、水に依つて非常に減り、透水性も大きい。

であるから路盤の土としては、粘土だけでは成立たないので、之に砂と沈泥とを含んだもの、粘土よりはローム、沈泥よりはロームの如くに、砂と粘土と沈泥を略々等量に有つた、ロームに近い材料ほど、安定性、強度からいつても、其の他水に對する性質からいつても、宜い譯である。

2、土の強度と變形との關係

強度と變形の間に如何なる關係があるかといふことを、簡単な例に就て述べよう。土の壓縮性には二通りあり、裸の儘のサンプルを採つて押し縮める壓縮強度 E と、第二は土を函の中に入れて押し縮める時の強度 E' (これを壓縮 Consolidation と云ふ) がある。それに土の剪斷強度として C と θ とがある、これが土の變形に對して如何なる關係をとるかといふと、例へば茲に軟弱な地盤がある、軟弱地盤といふのは含水量が非常に多く、土粒子は微細で而も地下水位が殆ど地表面までである、斯ういふ地盤の上に道路の築造を行つた場合を考へる。(第十六圖)



さうすると此の路盤は、荷重に因る壓縮のために、彈性變形を呈する。(第十六圖B) 砂は荷重を受けても比較的變形し難いが、粘土、沈泥では相當變形する。

次に相當荷重が大きいと、此に依つて下の土が壓密を受けて、含水を拆出することに依る變形が起る。こ

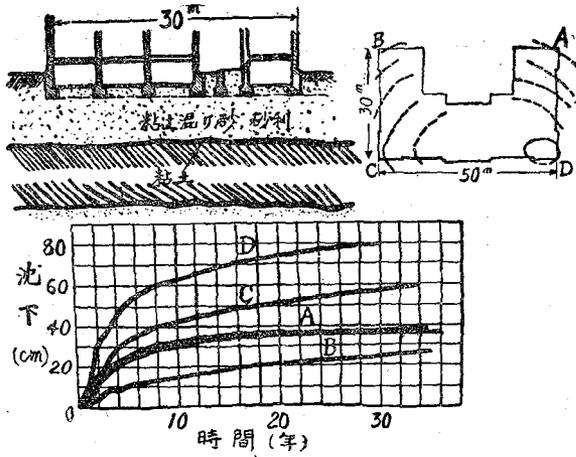
の量は土の壓密彈性係數 (Consolidation modulus) E' に依つて左右され

る。(第十六圖のC) 更に此の荷重が大きく而も地盤が悪い場合には、下の材料は荷重に堪へないで横に逃げる。これは舊く一八九〇年頃 Kundjinnoff がやつた實驗がある。(第十六圖のD)

即ち最初に述べた土の壓縮彈性係數 E は、土の彈性變形を支配する常數であり、土の壓密彈性係數 E' は地盤の壓密に依る變形を支配する常數であり、最後に述べた剪斷抵抗 C と θ が小さいと材料が動き易く、土が横に逃げる爲の變形を起す。

此の中の土の壓密に依る沈下を、テルザギーが計算測定し、尙ほ實際のデータと比較した面白い例がある。これは第十七圖の建物につきアメリカで行つた實驗測定の結果である。

第十七圖

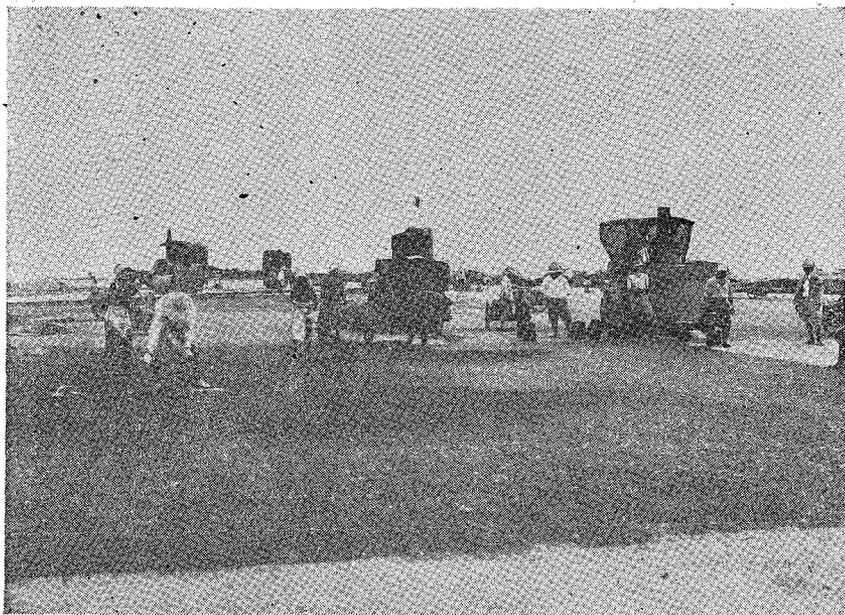


基礎面積三〇メートルに五〇メートルの建物で、下に粘土混りの砂利層があり、更に下には砂利層、其間に粘土層がある。上の砂利層は厚さ七メートル、下の砂利層は殆ど無限に續いて、中間の粘土層が一五メートルである。此の建物の荷重に依つて、砂は壓縮を受けないから殆ど沈下に與らないが、粘土層は徐々に含水が析出されて壓密を受ける。其の爲此の建物は永年に亘つて沈下を示してゐるが、時間と沈下量の關係をダイヤグラムにとると、建物のA、B、C、Dの各點は、年と共に圖のやうな沈下を示してゐる。之を計算値と比較すると略々實際の沈下の値に當つてゐる。此の計算には勿論壓密彈性係數 e と、透水係數 k とを測定しておかなければならない。

以上で土性論と題して、土の性質と云ふよりは、寧ろ土の試験法の概略を述べた。

來なかつたにも拘らず、御清聴を煩したことを感謝致す次第です。(丁)

葦才淺學の上に、時間が十分なかつたので、徹底した説明の出



館山航空隊飛行場舗装工事状況

營業科目

瀝青乳劑舗装工事請負
 加熱式瀝青舗装工事請負
 瀝青乳劑製造販賣

東洋舗装株式會社

東京市麴町區丸ノ内一丁目二番地仲二十八號館

電話丸ノ内三〇五九番

專務取締役 牛島航

同 橫濱工場

橫濱市神奈川區北幸町 電話本局二一六三番



日本チールズ株式会社

東京市麹町区丸の内二八

電話 四一六四

道路舗装工事請負
瀝青乳劑製造販賣



出張所 工場

〔横濱市中區中村町三六・電話本局西二五・四〇〕
〔大阪市大正區小林町九五・電話櫻川六一七九〕
〔朝鮮馬山府本町一ノ四・電話〕
大阪・名古屋・金澤・高松・門司・青森・札幌・京城・臺北

昭和十一年六月二十五日印刷納本（每月一回）
昭和十一年七月一日發行